

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY



**Využití databází v procesu zvyšování spolehlivosti
dodávky elektrické energie**

Autoreferát doktorské disertační práce

**Database Utilization for Electric Power Supply
Reliability Increasing**

Disertační práce byla vypracována v rámci kombinované formy doktorského studia na Katedře elektroenergetiky Fakulty elektrotechniky a informatiky VŠB - TU v Ostravě.

Uchazeč: Ing. Jiří Drholec
Katedra elektroenergetiky
Fakulta elektrotechniky a informatiky, VŠB-TU Ostrava
17. listopadu 15, 708 33 Ostrava-Poruba

Školitel: doc. Ing. Radomír Goňo, Ph.D.
Katedra elektroenergetiky
Fakulta elektrotechniky a informatiky, VŠB-TU Ostrava
17. listopadu 15, 708 33 Ostrava-Poruba

Oponenti: doc. Ing. Zbyněk Martínek, CSc., ZČU Plzeň
doc. Ing. Ladislav Rudolf, Ph.D., OU v Ostravě
Ing. Tomáš Raška, Ph.D., ČEZ Distribuční služby, s.r.o.

Obhajoba disertační práce se koná dne 31. 3. 2016 před komisí pro obhajobu disertační práce ve studijním oboru Elektroenergetika v zasedací místnosti Fakulty elektrotechniky a informatiky v Ostravě.

S disertační prací je možno se seznámit na děkanátu Fakulty elektrotechniky a informatiky VŠB - TU Ostrava, 17. listopadu 15, Ostrava-Poruba.

Prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.

Předseda komise pro obhajobu disertační práce ve studijním oboru Elektroenergetika
Fakulta Elektrotechniky a informatiky, VŠB - TU Ostrava

Abstrakt

Předmětem předkládané disertační práce je problematika zvyšování spolehlivosti dodávky elektrické energie v lokální distribuční soustavě průmyslového podniku s využitím databáze poruch a odstávek vyšetřované soustavy.

První část práce je zaměřena na sběr informací a zpracování dokumentace o provozování lokální distribuční soustavy v areálu průmyslové společnosti zaměřené na výrobu a další zpracování surového železa a na hutní a strojírenskou výrobu.

Dále se práce zabývá výpočtem spolehlivostních ukazatelů zařízení a prvků, které jsou následně využity při určení spolehlivosti dodávky elektrické energie vybrané části soustavy.

Závěrečná část se zaměřuje na analýzu příčin vzniku poruch u vstupních vedení z nadřazené soustavy, přenosových transformátorů, kabelových vedení a spínacích prvků lokální distribuční soustavy.

Klíčová slova

Spolehlivost, lokální distribuční soustava, průmyslový podnik, dispečink, rozvodna, intenzita poruch, střední doba poruchy, pravděpodobnost bezporuchového chodu.

Abstract

The subject and scope of the PhD thesis is the issue of increasing of reliability within electric power supply in a local distribution system of an industrial plant using the operation failure database on the system inspected.

The first part is focused on a collection of information and documentation related to the operation of the local distribution system in the premises of the industrial plant which focuses on pig iron and metallurgy production and processing, as well as on engineering production.

Additionally, the work deals with calculation of reliability indices of equipment and components that are later used to determine the reliability of the power supply within selected parts of the distribution system.

The final part brings the analysis of failure causes at the entrance overhead lines of the superior system, transmission transformers, cable lines and switching elements of the local distribution system.

Key Words

Reliability, local distribution system, industrial plant, control centre, distribution plant, failure rate, mean time to repair, faultless operation probability.

Obsah

Úvod	4
1 Cíle disertační práce	5
1.1 Metodika pro určování spolehlivosti zařízení průmyslové sítě	5
1.2 Aplikace metodiky	5
2 Metodika pro sledování poruch a odstávek	6
2.1 Sběr dat o výpadcích a poruchách dodávky elektrické energie	6
2.2 Vytvoření hlášenky poruchové události	7
2.3 Vytvoření souboru číselných kódů zařízení a poruchových událostí	9
3 Aplikace a ověření metodiky na provozních datech	12
3.1 Rozsah elektrizační soustavy	12
3.1.1 Kabelové trasy, kabelové kanály a mosty	12
3.1.2 Rozvodny vn a vvn	13
3.2 Zpracování dokumentace o provozu LDS	13
3.3 Výpočet ukazatelů spolehlivosti zařízení a prvků	15
3.3.1 Stanovení základních spolehlivostních ukazatelů prvků	16
4 Využití ukazatelů při výpočtu spolehlivosti vybrané rozvodny	18
4.1 Vyjádření ukazatelů spolehlivosti vstupních vedení	20
4.2 Výsledná spolehlivost	21
5 Využití metodiky pro analýzu příčin poruch	22
5.1 Analýza příčin poruch vstupních vedení	22
5.2 Analýza příčin poruch transformátorů 22 / 6 kV	24
5.3 Analýza příčin poruch kabelových vedení	24
5.4 Analýza příčin poruch spínacích prvků	26
6 Závěr	30
Literatura	33
Seznam vlastních publikací	34
Seznam projektů	35

Úvod

Elektrina se stala každodenní součástí našeho života a patří mezi nejvyužívanější typy energií. Bez elektřiny, kterou nelze nahradit jinou formou energie, nebudou fungovat například telekomunikace, doprava, informační technika, bankovníctví, zdravotnictví aj. Stále rostoucí potřebu elektrické energie v průmyslu a domácnostech mohou uspokojit nejen dostatečně výkonné elektrárny, ale také její spolehlivá doprava každému koncovému uživateli přes elektrizační soustavu.

Elektrizační soustava slouží k přenosu a rozvodu elektrické energie z místa výroby až do místa spotřeby. Obvykle se skládá ze soustav přenosových a soustav rozvodných (distribučních). V podmínkách velké hutní a ocelářské společnosti se pak jedná o průmyslovou lokální distribuční soustavu (LDS), která zabezpečuje přenos velkých výkonů od turbogenerátorů k rozvodným zařízením s důrazem na spolehlivou a bezpečnou dodávku elektrické energie spotřebě. Hlavní provozy hutí, koksovna, ocelárna, vysoké pece apod. vyžadují dodávku elektrické energie podle 1. stupně zajištěnosti, tedy dodávku se zvýšenou provozní spolehlivostí. Problematice spolehlivosti elektroenergetických soustav je věnována velká pozornost v mnoha vědeckých člancích a literaturách. Jedná se ale zejména o spolehlivost národních, případně kontinentálních přenosových a distribučních sítí. Problematika spolehlivosti průmyslových distribučních sítí je specifická, protože jsou tyto sítě vystaveny i působení takových vnějších vlivů, jako mohou být např. výskyt vody, rázy, otřesy, vibrace, vysoká prašnost, vysoké okolní teploty či agresivní prostředí. Proto je velmi přínosné se i zde zabývat spolehlivostí těchto lokálně provozovaných sítí a určit základní spolehlivostní ukazatele.

Prvním krokem k jejich určení, je navržení metodiky sběru a zpracování informací z provozování lokální distribuční soustavy v areálu průmyslové společnosti alespoň za několik let, přičemž tato metodika musí být přizpůsobena potřebám a charakteru vyšetřované průmyslové sítě. Nashromážděná data je nutné vhodně utřídit, zpracovat a vytvořit tak databázi zahrnující jak vzniklé poruchy, tak prováděnou údržbu zařízení ve sledovaném období. Z takto vytvořené databáze jsou vypočteny spolehlivostní ukazatele zejména těch zařízení a prvků, které jsou z funkčního hlediska pro chod soustavy zásadní. Těmito prvky jsou sběrníkové a vývodové odpojovače, vypínače, přípojnice, kabelová vedení a transformátory na těch napěťových hladinách, které jsou v LDS provozovány.

V další části práce je těchto vypočítaných spolehlivostních ukazatelů využito k určení spolehlivosti dodávky elektrické energie vybrané části sítě. Tím bude navržená metodika aplikována na provozní data a ověřena její účelnost a funkčnost.

Závěrečná část práce je zaměřena na hlubší analýzu vytvořené poruchové databáze s důrazem na maximální využití informací, které nabízí. Možnosti dalšího využití databáze je široké a záleží jen na uživateli, jaké informace z ní bude filtrovat. Jako příklad možného využití databáze budou analyzovány vybrané informace, které povedou k pojmenování příčin vzniku poruch vstupních vedení, transformátorů 22 / 6 kV, kabelových vedení a spínacích prvků vyšetřované LDS.

1 Cíle disertační práce

Cílem této disertační práce je vytvořit obecnou metodiku pro určení prvkové spolehlivosti vn a vvn zařízení průmyslové lokální distribuční soustavy. Metodika bude ověřena na LDS hutní a ocelářské společnosti (LDS HOS). Výsledky prvkové spolehlivosti budou použity při srovnávacím výpočtu poruchovosti vybrané části soustavy a dalších spolehlivostních analýzách. Práce se nebude zabývat výpadky jednotlivých konzumů napájených z rozveden 6 kV (např. motorů, provozních transformátorů vn / nn apod.), protože jsou mimo delimitační oblast provozovatele LDS.

1.1 Metodika pro určování spolehlivosti zařízení průmyslové sítě

Aby bylo možné určit prvkovou spolehlivost, bude nejprve potřeba vytvořit metodiku pro:

- sběr dat o výpadcích a poruchách dodávky elektrické energie,
- vytvoření hlášenky poruchové události,
- vytvoření souboru číselných kódů zařízení,
- vytvoření souboru číselných kódů poruchových událostí,
- vytvoření pasportizace zařízení.

1.2 Aplikace metodiky

Pro ověření metodiky bude v rámci disertační práce provedeno:

- expertní přepracování tištěných textových popisů poruch a údržby do formy vhodné pro počítačové zpracování - hlášenky,
- zpracování dat za časové okno 5 let,
- vytvoření aplikace pro dispečera v prostředí MS Excel - vyplňování hlášenky s implementací číselníků a filtrace anomálií,
- vytvoření aplikace pro provozovatele v prostředí MS Excel - práce s databází všech událostí,
- analýza databáze - spolehlivostní ukazatele prvků, srovnání prvků z různých oblastí sítě, analýza příčin poruch, srovnání s výsledky databáze distribučních sítí,
- výpočet spolehlivosti dodávky - použití zjištěných spolehlivostních ukazatelů prvků při výpočtu spolehlivosti konkrétní oblasti sítě.

2 Metodika pro sledování poruch a odstávek

Každá elektrizační soustava (ES) představuje dílčí soustavu energetického hospodářství a jejím úkolem je dodávka požadovaného množství elektrické energie odběratelům v požadovaném množství a dohodnuté kvalitě, v požadovaném čase a s minimálními dopady na životní prostředí [L1].

ES se speciálním zaměřením na potřeby hutního průmyslu, zahrnující výrobní zdroje elektrické energie, technických plynů, tepla apod. včetně jejich rozvodů ke koncovým odběratelům, je z hlediska jejího provozování v podmínkách hutního průmyslu velmi složitá. Na nadřazenou soustavu vvn provozovatele distribuční sítě (PDS) je napojena pomocí 7 vedení ze 4 vstupních rozvodů vvn, ze kterých je pomocí kabelových tras elektrická energie rozváděna do všech lokalit její technologické spotřeby s přímou vazbou na rozvodná zařízení vlastní teplárny společnosti HOS. A protože je tato ES ohraničená, jedná se o průmyslovou LDS, jejíž delimitace začíná v místě připojení na nadřazenou distribuční soustavu ČR na hladině 110 kV a končí předávacími body, kterými jsou vývodové odpojovače kobek na rozvodnách 6 kV s připojenými vn kabely jednotlivých konzumů.

2.1 Sběr dat o výpadcích a poruchách dodávky elektrické energie

Nejvíce informací o spolehlivosti dodávky elektrické energie v LDS je možno získat sledováním a vyhodnocováním jejího provozu [L2]. Účelné zaznamenání odstávek (při plánované údržbě zařízení), výpadků a poruch a následný rozbor následků, vede k získání souboru údajů, ze kterého lze vyhodnocovat různé spolehlivostní ukazatele. Aplikace teorie spolehlivosti však vyžaduje shromažďovat a zpracovat velký počet pozorování [L3]. Proto je nutné nejprve zajistit sběr prvotních informací, které budou tříděny a dále zpracovány. Roztříděné informace se pro rychlejší zpracování zakódují souborem číselných kódů.

V podmínkách teplárny a současně provozovatele LDS zajišťuje sběr prvotních informací vrchní řadovník elektrodispečinku, který je na tomto pracovišti trvale přítomen. Je přímo podřízen vedoucímu směny elektro (VSME) a jeho hlavním úkolem a celé směny elektrodispečinku je [P1]:

- operativním řízením zajišťovat bezpečnou, nepřetržitou a ekonomickou výrobu a dodávku elektrické energie do všech závodů v areálu HOS prostřednictvím LDS,
- průběžně zaznamenávat všechny události související s provozováním LDS do Provozního deníku, tedy i informace o poruchových stavech. Tyto záznamy jsou prováděny ručně.

Všichni zaměstnanci vykonávající funkci vrchního řadovníka, jsou na vysoké odborné i organizační úrovni a svou práci odvádí profesionálně [P2]. To už však neplatí v oblastech, které souvisejí s otázkami výpočtů spolehlivosti. Výsledkem je, že prvotní zaznamenané informace a data o nestandardních stavech či poruchách v soustavě nemusejí být ucelené.

Nežádka se tak stává, že chybí např. časový údaj události, nebo je tento údaj zaznamenán nesprávně – je vztažen k jiné manipulaci.

Sběr dat je do jisté míry záležitostí administrativní a není technicky náročný [P3]. Je však potřeba vytvořit metodiku, která by zajistila správné zaznamenání událostí. Metodika musí přesně určit, jaké prvotní informace musí být zaznamenávány.

Jde zejména o tyto údaje:

- informace o místě a jakým způsobem se porucha projevila,
- za jakých podmínek porucha vznikla,
- jaký byl průběh poruchy,
- jaká byla příčina poruchy a její další vliv na provoz LDS,
- typ postiženého zařízení / prvku,
- časový údaj vzniku / zániku poruchy.

2.2 Vytvoření hlášenky poruchové události

Jak bylo uvedeno, všechny události související s provozováním LDS jsou zaznamenávány ručně vrchním řadovíkem elektrodispečinku do Provozního deníku, který slouží vedoucímu směny elektro jako podklad pro vyplnění záznamu o předání směny v prostředí aplikace Lotus Notes. Tato aplikace má charakter textového dokumentu a není určena k filtrování jakýchkoli položek či událostí. Vytvoření hlášenky o vzniklé poruchové události, kterou v případě, že dojde během směny k poruše, vyplní vedoucí směny elektro a následně ji předá pověřené osobě zodpovědné za vyhodnocování spolehlivého chodu LDS k dalšímu zpracování, je proto nezbytné. Zamezí se tím nechtěnému opomenutí např. méně závažných poruchových událostí. Údaje, které musí obsahovat hláška o poruchové události, jsou uvedeny v tabulce Tab. 2.1. Navržená forma hlášenky je vytvořena v prostředí programu MS Excel a je uvedena v Tab. 2.2 [S1].

Tab. 2.1 Údaje obsažené v hláše

Č.	Údaj	Popis
1	rok události	rok, ve kterém událost nastala.
2	pořadové číslo	pořadové číslo události v běžném roce.
3	napájecí oblast	výběr napájecí oblasti podle připojení k nadřazené soustavě.
4	typ události	u událostí se rozlišuje mezi nahodilými (výpadky, poruchy) a plánovanými, způsobenými jak ze strany provozovatele LDS, tak ze strany nadřazené soustavy.
5	rozvodna	název rozvodny z číselníku názvů rozvodn.
6	typ rozvodny	typ rozvodny podle počtu použitých systémů.
7	napětí sítě	jmenovité napětí sítě, které se událost týká, výběr napětí sítě je ze společného číselníku).

8	kategorie poruchy	číselný kód z číselníku kategorie poruch.
9	příčina události	číselný kód z číselníku příčin události.
10	druh zařízení	číselný kód z číselníku druhu zařízení.
11	poškozený / revidovaný prvek	číselný kód z číselníku prvků rozvodu. Poškozené / revidované zařízení reprezentuje prvek rozvodu.
12	druh zkratu / zemního spojení	číselný kód z číselníku druhu zkratu / zemního spojení.
13	výrobce	výrobce poškozeného / revidovaného zařízení.
14	rok výroby	rok výroby poškozeného / revidovaného zařízení.
15	T0	datum a čas začátku události (poruchy) - den, měsíc, hodina, minuta.
16	T1	datum a čas začátku manipulací - den, měsíc, hodina, minuta. Pozn.: U plánovaných událostí je datum a čas začátku události a manipulací shodný.
17	T2	datum a čas konce manipulací pro vymezení poruchy - den, měsíc, hodina, minuta.
18	T3	datum a čas obnovení dodávky v postiženém úseku - den, měsíc, hodina, minuta.
19	T4	datum a čas konce události, tj. čas obnovení schopnosti zařízení plnit svou funkci. Pozn.: U plánovaných událostí je datum a čas konce manipulací a události shodný.

Tab. 2.2 Vzhled hlášenky o poruchové události v prostředí MS Excel

Rok události	Pořadové číslo	Napájecí oblast	Typ události	Rozvodna	Typ rozvodny	Napětí sítě	Kategorie poruchy	Příčina události
rrrr	číslo	číselník	číselník	číselník	číselník	číselník	číselník	číselník

Druh zařízení	Poškozený prvek	Druh zkratu	Výrobce	Rok výroby	T0	T1	T2	T3	T4
číselník	číselník	číselník	číselník	rrrr	dd.mm.rr hh:mm	dd.mm.rr hh:mm	dd.mm.rr hh:mm	dd.mm.rr hh:mm	dd.mm.rr hh:mm

2.3 Vytvoření souboru číselných kódů zařízení a poruchových událostí

Údaje z ručně zaznamenaných prvotních podkladů, obsahující informace o místě, času a způsobu projevu poruchy, je nutné dále roztřídit, zakódovat a podle vyplněné hlášenky z Tab. 2.1 vložit do poruchové databáze v PC. Kódování proběhne způsobem, že pro každou vhodnou položku je vytvořen rozbalovací soubor číselných kódů a uživatel databáze při vyplňování záznamu o poruchové události si z nabídky vybere ten nejvhodnější údaj.

Seznam položek v databázi číselníků zařízení a poruchových událostí:

1. Napájecí oblast

Tab. 2.3 Napájecí oblast

Kód	Význam
1	V1
2	V2
3	V3
4	V4
5	V5
5	V6
7	V7

2. Typ události

Tab. 2.4 Typ události

Kód	Význam
1	porucha části zařízení, která vznikla v oblasti spadající do správy HOS
2	porucha části zařízení, která vznikla v oblasti spadající do správy PDS
3	údržba části zařízení, která vznikla v oblasti spadající do správy HOS
4	údržba části zařízení, která vznikla v oblasti spadající do správy PDS

3. Rozvodna

Tab. 2.5 Seznam rozvodů

Kód	Název	Kód	Název
1	Rozvodna R. 1 – 6 kV	36	Rozvodna R. 32 – 22 kV
2	Rozvodna R. 2 – 6 kV	37	Rozvodna R. 32.1 – 110 kV
3	Rozvodna R. 3 – 6 kV	38	Rozvodna R. 33 – 6 kV
4	Rozvodna R. 4 – 6 kV	39	Rozvodna R. 34 – 6 kV
⋮	⋮	⋮	⋮
32	Rozvodna R. 28 – 6 kV	67	Rozvodna R. 58.2 – 110 kV
33	Rozvodna R. 29 – 6 kV	68	Rozvodna R. 59 – 6 kV
34	Rozvodna R. 30 – 6 kV	69	Rozvodna R. 60 – 6 kV
35	Rozvodna R. 31 – 6 kV	70	Rozvodna R. 61 – 6 kV

4. Typ rozvodny

Tab. 2.6 Typ rozvodny

Kód	Význam
1	jednosystémová
2	jednosystémová podélně dělená
3	dvousystémová
4	dvousystémová podélně dělená
5	trojsystémová podélně dělená

5. Napětí sítě

Tab. 2.7 Napětí sítě

Kód	Hodnota (kV)	Kód	Hodnota (kV)
1	0,4	4	10,5
2	5	5	22
3	6	6	110

6. Kategorie poruchy

Tab. 2.8 Kategorie poruchy

Kód	Význam	Kód	Význam
1	nadřazená soustava	4	omezení provozu závodů HOS
2	systémová porucha	5	vliv na výrobu elektrické energie
3	vliv na distribuci elektrické energie	6	drobné závady vn zařízení

7. Příčina události

Tab. 2.9 Příčina události

Kód	Význam	Kód	Význam
1	porucha vn / vvn kabelu	11	porucha způsobená atmosférickými vlivy
1a	krádež vn / vvn kabelu	11a	porucha způsobená vlivem okolí a
2	porucha ovládacího kabelu	12	následek poruchy strojního zařízení
2a	krádež ovládacího kabelu	13	nedodržení technologie výroby
3	porucha vn motoru	14	závady buzení synchronních strojů
4	vada vypínače	15	porucha dálkového ovládání
5	vada sběrnicevého odpojovače	16	kompresorová stanice
5a	vada vývodového odpojovače	17	tlakový rozvod
6	porucha transformátoru vn / vvn	18	AC, DC napájení
6a	porucha transf. – přepínače	19	měření
6b	porucha transf. – MTN, MTP	20	kompenzace
7	vadné působení ochran	21	vynucené vypnutí
8	zásah do ochran	22	nedostatky v obsluze
9	vadná manipulace	23	nesprávná údržba
9a	vadná manipulace – cizí pracovníci	24	ostatní
10	porucha v nadřazené soustavě	25	příčina neobjasněna

8. Druh zařízení

Tab. 2.10 Druh zařízení

Kód	Význam	Kód	Význam
1	venkovní vedení jednoduché	7	pecní transformátor vn / nn
2	venkovní vedení dvojité	8	rozvodna – kobkového provedení
3	kabelové vedení vn / vvn	9	rozvodna – skříňového provedení
4	kabelové vedení nn	10	rozvodna – zapouzdřená
5	distribuční transformovna vn / vvn	11	rozvodna – venkovní (ohrada 110 kV)
6	provozní transformovna vn / nn	12	rozvodna – skříň IRODEL

9. Poškozený prvek

Tab. 2.11 Poškozený prvek

Kód	Význam	Kód	Význam
1	vodič	17	reaktor
2	kabel	18	řídící systémy
3	odpojovač sběrnicový	19	nadproudová ochrana
4	odpojovač vývodový	20	zkratová ochrana
5	vypínač výkonový	21	tepelná ochrana
6	přípojnice	22	rozdílová / diferenciální ochrana
7	izolátor	23	plynová ochrana (Buchholzovo relé)
8	pojistka	24	impedanční (distanční) ochrana
9	transformátor vvn / vn	25	srovnávací ochrana
10	transformátor vvn / nn	26	zpětná wattová ochrana
11	transformátor vn / nn	27	zemní nádobová (kostrová) ochrana
12	MTN – měřicí transformátor napětí	28	zemní směrová ochrana
13	MTP – měřicí transformátor proudu	29	zemní nesměrová ochrana
14	svodič přepětí – bleskojistka	30	přepět'ová / podpět'ová ochrana
15	kompenzační tlumivka	31	vlastní spotřeba – ss / st rozvody
16	rotační kompenzátor	32	výroba a rozvod stlačeného vzduchu

10. Druh zkratu / zemního spojení

Tab. 2.12 Druh zkratu / zemního spojení

Kód	Význam	Kód	Význam
1	zkrat jednofázový zemní	7	zemní spojení
2	zkrat dvoufázový zemní	8	zemní spojení přešlo ve zkrat
3	zkrat trojfázový zemní	9	dvojité nebo vícenásobné zemní spojení
4	zkrat dvoufázový bez země	10	zemní spojení vymezené vypínáním
5	zkrat trojfázový bez země	11	zemní spojení vymezené indikátorem
6	druh zkratu neurčen	12	zemní spojení zmizelo při vymezování
		13	ostatní

3 Aplikace a ověření metodiky na provozních datech

Spolehlivost LDS HOS znamená schopnost této soustavy zajistit nepřetržitou a kvalitní dodávku elektrické energie spotřebitelům při zachování stanovených parametrů, především kmitočtu, výkonu a napětí v daných mezích a v průběhu času podle technických podmínek. Požadavkem je, aby se celá LDS vyznačovala vysokou spolehlivostí s velice nízkou četností poruch a díky způsobu provozu a zálohování nezpůsobila při správném působení ochrany u většiny poruch přerušení dodávky elektřiny odběratelům [L4].

3.1 Rozsah elektrizační soustavy

Celkem se jedná o cca 1400 kobek a skříní vn a vvn umístěných v 52 rozvodnách LDS HOS, které provozuje závod teplárna. Avšak celkový počet rozvodů, včetně rozvodů vn a vvn které neprovozuje závod teplárna, je v současné době 70. To představuje cca 2000 kobek a skříní.

3.1.1 Kabelové trasy, kabelové kanály a mosty

V údajích uvedených v Tab. 3.1 jsou kabelové vedení 6 kV, 22 kV, 110 kV a volné vedení 110 kV, kde jednoduchá délka je délka kabelové trasy a celková délka je součet všech paralelních kabelů v kabelové trase (trojsvazek je počítán jako jeden kabel). Jsou zde zahrnuty všechny kabelové propoje, kabelové vývody včetně vývodů na vlastní spotřebu, kabelové vývody k turbogenerátorům a kabely k přenosovým transformátorům. Nejsou zde zahrnuta kabelová vedení k technologickým a distribučním transformátorům, motorům a technologické kabelové propoje provozované jinými závody společnosti HOS [P4].

Tab. 3.1 Rozsah a uložení kabelové sítě 6, 22 a 110 kV

Kabel		kabel 6 kV (km)	kabel 22 kV (km)	kabel 110 kV (km)	volné vedení 110 kV (km)
Délka	jednoduchá	86,749	36,324	0,710	5,362
	celková	260,247	108,972	0,710	16,086
Uloženo	v zemi	9,890	0,600	0	-----
	na mostě	32,631	24,960	0,150	-----
	v kanále	44,228	10,764	0,560	-----

Kabelové kanály a kabelové mosty:

Kabelové kanály:	- celková délka	7 800 m
Kabelové mosty:	- celková délka	4 800 m

3.1.2 Rozvodny vn a vvn

K sestavení soupisu vybavení rozvoden vn a vvn, které obsluhuje nebo provozuje teplárna HOS, byla využita jednopólová schémata těchto rozvoden. Z nich byla následně provedena pasportizace všech vypínačů, odpojovačů a dalšího vybavení kobek. Výsledná pasportizační tabulka je uvedena v Tab. 3.2. Kromě počtu prvků a délek vedení je neméně důležitou informací pro vyhodnocování poruchovosti vyšetřované sítě také informace o stáří provozovaných prvků [P4].

Tab. 3.2 Pasportizace vybavení rozvoden vn a vvn

Zařízení	Počet prvků	Zařízení	Počet prvků / (km) u vedení
Sběrníkový odpojovač 6 kV	1438	Transformátor 110 / 22 kV	9
Sběrníkový odpojovač 22 kV	132	Transformátor 22 kV / nn	3
Sběrníkový odpojovač 110 kV	12	Transformátor 22 / 6 kV	20
Odpojovač se ZN 110 kV	6	Kabel 6 kV	86,749
Vypínač výkonový 6 kV	826	Kabel 22 kV	36,324
Vypínač výkonový 22 kV	72	Kabel 110 kV	0,71
Vypínač výkonový 110 kV	5	Vedení 110 kV	5,362
Odpojovač vývodový 6 kV	430	Přípojnice 6 kV	826
Odpojovač vývodový 22 kV	72	Přípojnice 22 kV	78
Odpojovač vývodový 110 kV	1	Přípojnice 110 kV	11

3.2 Zpracování dokumentace o provozu LDS

Shromáždění a následná analýza značného množství materiálů o provozování LDS HOS za období 2010 – 2014 umožnila sestavit pětiletou databázi, která dokumentuje chování celé soustavy z pohledu jejího provozu, údržby a poruch, včetně časových značek každé vzniklé události [L5].

Rozsah zpracovaných materiálů za roky 2010 – 2014 tvoří 5478 (5 let krát 365 dnů (366 dnů v roce 2012) krát 3 směny denně) listů formátu A4 „Záznam o předání směn VSME“, který vyplňuje vedoucí směny elektro v prostředí softwarové aplikace Lotus Notes a který slouží (i zpětně) jako průkazný záznam o průběhu směny.

Odhadovaný počet událostí, které přímo souvisejí s provozováním LDS HOS je v každém roce asi 2 000. Za období pěti let tedy dojde až k 10 000 událostem, které přímo souvisejí s provozováním LDS HOS a které je potřeba zpracovat. Z tohoto počtu došlo ve sledovaném období ke 204 poruchám, z nichž 66 bylo v přímé souvislosti se vstupními vedeními 110 kV. Z počtu 10 000 událostí za období pěti let je zřejmé, že se nejedná o rutinní přepisování záznamů o předání směn VSME do elektronické podoby, ale o specializovanou

práci experta, který se výborně orientuje v zapojení sítě. Musí být také schopen rozhodnout o konkrétním začlenění každé události (její závažnosti, které prvky postihla apod.) a dokázat filtrovat anomálie, jež není schopen odhalit neelektroenergetik. Je zřejmé, že zpracování výše uvedeného množství podkladů bylo časově velmi náročné [P4].

Typický záznam o předání směn vedoucího směny elektro obsahuje několik zásadních informací o provozování sítě LDS každé jednotlivé směny uvedeného dne. Každá událost, která se na směně udála, vyžaduje svou pozornost a rozhodnutí, zda se jedná o:

- změnu v zapojení lokální distribuční sítě z důvodu např. zlepšení energetické bilance nebo snížení přenosových ztrát apod.,
- odstávce sledovaného zařízení z hlediska spolehlivosti sítě ve smyslu jejího prostoje z důvodu výpadku, poruchy či údržby,
- ostatních vykonávaných činnostech, které buď přímo anebo nepřímo souvisejí s provozováním LDS HOS,
- činnostech, které se spolehlivostí sítě nesouvisejí.

V případě, že událost / události přímo souvisejí s provozováním sítě, jsou zaznamenávány do vytvořené tabulky v prostředí MS Excel [S1]. V Tab. 3.3 až 3.5 je uveden příklad prepisu záznamu o předání směn VSME do elektronické podoby. Např. doba odstavení vstupního vedení V4 s transformátorem T4 110 / 22 kV zcela jistě patří mezi zásadní a nejdůležitější informace o způsobu provozování LDS HOS. Událost byla řádně zaznamenána do tabulky Tab. 3.4 a je také započítána v základních spolehlivostních ukazatelích daného vedení.

Tab. 3.3 Záznam o provádění periodických kontrol zařízení

Rozvodna R. 5 – 6 kV	Vypnuto	Zapnuto	Doba odstávky	Typ události	Poznámka	Uvedeno do stavu
	dd.mm.rr hh:mm	dd.mm.rr hh:mm	hh:mm			
01. Přívod Rozvodna 26 k. č. 17	19.10.14 17:15	20.10.14 11:35	18:20	U	KOSZ	připraveno
02. Bleskojistky A + B	19.10.14 17:30	20.10.14 11:35	18:05	U	KOSZ	zapnuto
03. Spínač přípojníc	26.10.14 16:55	27.10.14 11:10	18:15	U	KOSZ	připraveno
16. Transformátor T202	21.10.14 7:20	21.10.14 11:25	4:05	U	KOSZ	připraveno
17. Transformátor T272	27.10.14 7:50	27.10.14 11:45	3:55	U	KOSZ	zapnuto
33. Tlumivka tl. 1	27.10.14 17:10	28.10.14 11:10	18:00	U	KOSZ	připraveno

Tab. 3.4 Záznam o události vypnutí (odstavení) vstupního vedení V4 s transformátorem T4

Rozvodna R. 17.1 22 kV vedení V4	Vypnuto	Zapnuto	Doba odstávky	Typ události	Poznámka	Uvedeno do stavu
	dd.mm.rr hh:mm	dd.mm.rr hh:mm	hh:mm			
26. Transformátor T4	27.10.14 7:03	27.10.14 12:51	5:48	U - PDS	výměna PTP	připraveno

Tab. 3.5 Záznam o poruše výkonového vypínače 6 kV

Rozvodna R. 20 – 6 kV	Vypnuto	Zapnuto	Doba odstávky	Typ události	Poznámka	Uvedeno do stavu
	dd.mm.rr hh:mm	dd.mm.rr hh:mm	hh:mm			
01. Transformátor T177						
11. Mlýn (1000 kW)						
12. Mlýnský ventilátor	27.10.14 6:05	27.10.14 6:50	0:45	P	*	připraveno
13. Sací ventilátor pravý č. 2						
14. Vzduch. ventil. pravý č. 2						

* Porucha vypínače - nešel z provozu dálkově zapnout. Příčinou byl uvolněný vodič napájení střádače.

Na Obr. 3.1 je pak uveden praktický příklad s rozbalovací nabídkou v prostředí MS Excel, jakým je porucha z Tab. 3.5 zapsaná do hlášenky o vzniklé poruchové události.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Rok události	Pořadové číslo	Napájecí oblast	Typ události	Rozvodna	Typ rozvodny	Napětí sítě	Kategorie poruchy	Příčina události
2	rrrr	číslo	číselník	číselník	číselník	číselník	číselník	číselník	číselník
3	2014	43	V2	porucha části zařízení v oblasti HOS	R. 24 - 6 kV	jednosystémová podélně dělená	6 kV	drobné závady vn zařízení	vada vypínače
4	2014	44		porucha části zařízení v oblasti HOS porucha části zařízení v oblasti ČEZ údržba části zařízení v oblasti HOS	L. 50 - 6 kV	dvousystémová podélně dělená	6 kV	drobné závady vn zařízení	porucha vn motoru
5	2014	45	V3	údržba části zařízení v oblasti ČEZ v oblasti HOS	R. 50 - 6 kV	dvousystémová podélně dělená	6 kV	drobné závady vn zařízení	vada vypínače

Obr. 3.1 Příklad vyplňování hlášenky v prostředí MS Excel

3.3 Výpočet ukazatelů spolehlivosti zařízení a prvků

Tab. 3.6 obsahuje údaje o počtu jednotlivých prvků vyšetřované distribuční soustavy, údaje o provedených údržbách, počtu poruch prvků a pro tuto práci zásadní výsledné spolehlivostní ukazatele prvků za období 2010 – 2014. Pomocí matematického aparátu s použitím vzorců z kapitoly 3.3.1 bylo možné vyčíslit základní spolehlivostní ukazatele, které jsou v tabulce uvedeny [L6].

3.3.1 Stanovení základních spolehlivostních ukazatelů prvků

Protože jsou vstupní údaje pro výpočet spolehlivosti LDS HOS získávány z údajů o činnosti zařízení, jedná se tedy o empirický způsob získávání vstupních dat. Sledování poruchovosti LDS HOS je tedy základem pro výpočet její empirické spolehlivosti a bezporuchového chodu.

Analýza vytvořené pětileté databáze umožňuje stanovit základní spolehlivostní údaje jednotlivých prvků [L7] [L8].

Pro intenzitu poruch platí:

$$\lambda = \frac{N}{Z \cdot X} \quad (\text{rok}^{-1}) \quad (3.1)$$

kde:

N je počet poruch (-)
 Z je počet prvků příslušného typu v síti (-)
 X je délka sledovaného období (rok)

Pro intenzitu poruch vedení platí:

$$\lambda = \frac{N}{L \cdot P} \quad (\text{rok}^{-1} / \text{km}) \quad (3.2)$$

kde:

N je počet poruch
 L je délka vedení příslušného typu (km)
 P je délka sledovaného období (rok)

Pro střední dobu poruchy platí:

$$\tau = \frac{\sum_{i=1}^N \tau_i}{N_p} \quad (\text{h}) \quad (3.3)$$

kde:

N_p je počet poruch prvku příslušného typu (-)
 τ_i je doba poruchy prvku příslušného typu (h)

Pro určení pravděpodobnosti bezporuchového chodu s uvažování údržby platí:

$$R = 1 - \frac{\lambda_p \cdot \tau_p + \lambda_u \cdot \tau_u}{8760} \quad (-) \quad (3.4)$$

Tab. 3.6 Základní spolehlivostní ukazatele prvků za období let 2010 – 2014

Zařízení / prvek	Počet prvků / (km) u kabelů a vedení	Intenzita poruch λ_p (rok ⁻¹)	Střední doba poruchy τ_p (h)	Intenzita údržby λ_u (rok ⁻¹)	Střední doba údržby τ_u (h)	Pravděpodobnost bezporuchového chodu R_1 bez uvažování údržby (-)	Pravděpodobnost bezporuchového chodu R_2 včetně uvažování údržby (-)
Sběrníkový odpojovač 6 kV	1438	0,004	9,077	0,231	15,011	0,99999597	0,99959984
Sběrníkový odpojovač 22 kV	132	0,008	7,450	0,241	48,790	0,99999356	0,99865251
Sběrníkový odpojovač 110	12	0,000	0,000	0,000	0,000	1,00000000	1,00000000
Odpojovač se ZN 110 kV	6	0,000	0,000	0,600	48,466	1,00000000	0,99668225
Vypínač výkonový 6 kV	826	0,025	5,538	0,238	13,845	0,99998439	0,99960767
Vypínač výkonový 22 kV	72	0,039	5,702	0,289	62,522	0,99997470	0,99791396
Vypínač výkonový 110 kV	5	0,000	0,000	0,000	0,000	1,00000000	1,00000000
Odpojovač vývodový 6 kV	430	0,002	6,358	0,193	15,810	0,99999865	0,99965130
Odpojovač vývodový 22 kV	72	0,000	0,000	0,244	63,282	1,00000000	0,99823510
Odpojovač vývodový 110 kV	1	0,000	0,000	0,000	0,000	1,00000000	1,00000000
Transformátor 110 / 22 kV	9	0,333	4,403	1,111	74,679	0,99983254	0,99036550
Transformátor 22 kV / nn	3	0,200	0,361	1,733	23,132	0,99999176	0,99541715
Transformátor 22 / 6 kV	20	0,130	0,481	0,970	90,282	0,99999287	0,99000131
Kabel 6 kV	86,749	0,032	8,104	0,284	108,640	0,99997016	0,99645522
Kabel 22 kV	36,324	0,022	11,417	0,209	53,474	0,99997131	0,99869482
Kabel 110 kV	0,710	0,000	0,000	3,380	51,922	1,00000000	0,97997539
Vedení 110 kV	5,362	0,037	0,700	0,186	47,443	0,99999702	0,99898752
Přípojnice 6 kV	826	0,000	0,000	0,014	15,421	1,00000000	0,99997529
Přípojnice 22 kV	78	0,003	3,900	0,054	14,011	0,99999886	0,99991278
Přípojnice 110 kV	11	0,000	0,000	0,018	5,250	1,00000000	0,99998911

* u kabelových a nadzemních vedení platí pro intenzitu poruch a intenzitu údržby jednotka (rok⁻¹ / km)

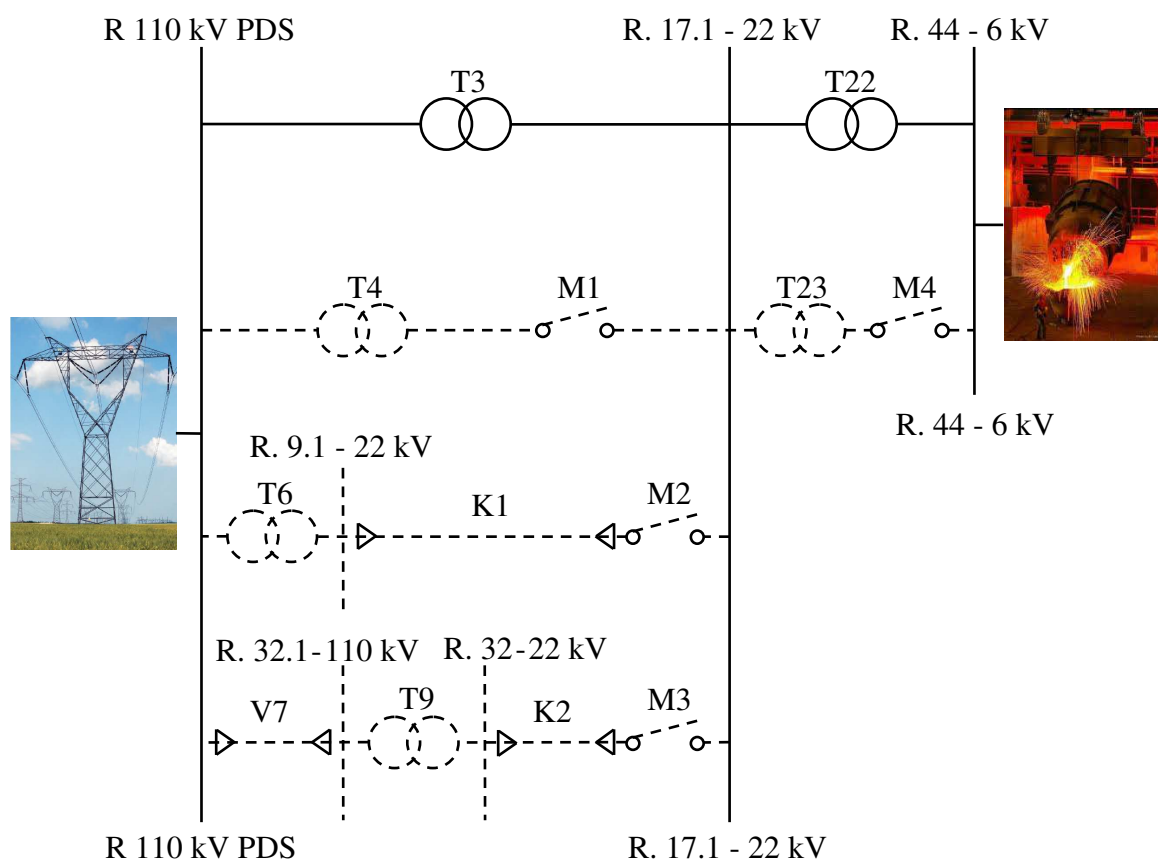
4 Využití ukazatelů při výpočtu spolehlivosti vybrané rozvodny

Pro řešení spolehlivosti LDS je použita modifikovaná metoda spolehlivostních schémat, kde je každé zařízení systému obvykle nahrazeno jedním prvkem ve schématu a u každého z těchto prvků je vyjádřena jeho spolehlivost. Prvky jsou ve schématu zapojeny podle skutečné struktury systému, což umožňuje formulovat pravděpodobnost bezporuchového provozu funkčních skupin i celé soustavy [L9].

K ověření funkčnosti metodiky výpočtu spolehlivostních ukazatelů byla vybrána rozvodna 6 kV, na Obr. 4.1 označená jako R. 44 - 6 kV. Požadavkem je zjistit spolehlivost napájení tohoto závodu resp. rozvodny. Do výpočtu vstupují výsledky prvkové spolehlivosti určené z databáze poruch a výpadků z období let 2010 – 2014 [P4].

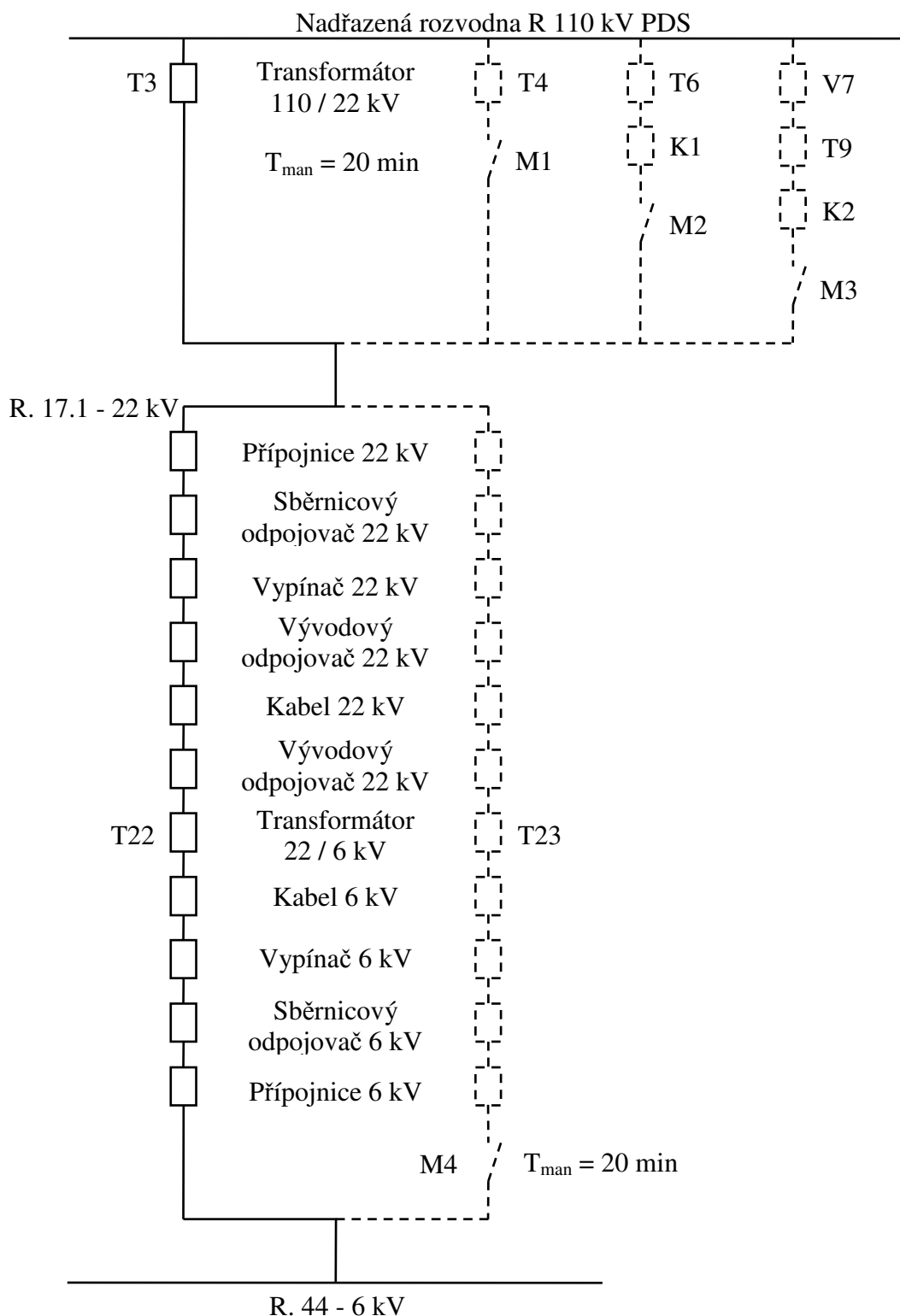
Hodnoty pro pravděpodobnost bezporuchového chodu R prvků, které jsou při výpočtu použity, jsou uvedeny v Tab. 3.6. Ve výpočtech je uvažována pravděpodobnost bezporuchového chodu s uvažováním údržby kromě studené rezervy. Výpočet také zahrnuje manipulační čas.

Ke stanovení spolehlivosti napájení rozvodny R. 44 - 6 kV byla použita modifikovaná metoda spolehlivostních schémat [L5], která předpokládá sestavení spolehlivostního schématu (Obr. 4. 2), přiřazení příslušných spolehlivostních veličin k jednotlivým prvkům a postupné zjednodušování spolehlivostního schématu až na jeden prvek.



Obr. 4.1 Elektrické schéma napájení průmyslového závodu

Standardní napájení rozvodny R. 44 - 6 kV je zajišťováno podle schválených modulových schémat a je znázorněno plnou čarou. Čárkovanou čarou je znázorněna alternativa jejího napájení. Písmeno „K“ označuje kabelové vedení a písmeno „M“ pak manipulační úkon.



Obr. 4.2 Spolehlivostní schéma s jednotlivými prvky

4.1 Vyjádření ukazatelů spolehlivosti vstupních vedení

Rozvodny 6 kV; 10,5 kV; 22 kV a 110 kV LDS HOS jsou s nadřazenou soustavou PDS propojeny 7 vstupními vedeními. Prvním krokem k určení pravděpodobnosti bezporuchového chodu rozvodny R. 44 - 6 kV je určení pravděpodobnosti bezporuchového chodu vstupních vedení.

Hodnoty pro pravděpodobnosti bezporuchového chodu vstupních vedení nebudou uvažovány jako absolutně spolehlivé, tedy nebude uvažována pravděpodobnost bezporuchového chodu $R = 1$. Je zde tedy použit zcela odlišný přístup, který respektuje skutečný provozní stav vstupních vedení [P5].

Skutečné hodnoty R nejsou počítány z intenzit poruch, intenzit údržby, středních dob poruch a středních dob údržby jednotlivých prvků vstupních vedení, protože přesné informace o spolehlivostních ukazatelích prvků spadajících do působnosti PDS nejsou pro provozovatele LDS HOS k dispozici. Skutečné hodnoty R jsou tak počítány ze známých informací o provozu vstupních vedení, tedy z informací, kdy a po jakou dobu bylo dané vstupní vedení vypnuto (odstaveno) z důvodu poruchy nebo provádění plánované údržby.

Tab. 4.1 Přehled poruch a plánovaných odstávek vstupních vedení 110 kV v období 2010 – 2014

Vedení 110 kV	Porucha v HOS		Poruchy PDS		Plán. údržba HOS		Plán. údržba PDS	
	počet	(hh:mm:ss)	počet	(hh:mm:ss)	počet	(hh:mm:ss)	počet	(hh:mm:ss)
V1	1	0:15:00	4	0:56:00	10	218:36:00	9	59:18:00
V2	0	0:00:00	4	1:24:00	11	243:57:00	7	44:00:00
V3	2	0:51:00	11	4:04:00	8	307:47:00	8	74:08:00
V4	5	2:40:00	10	4:12:00	8	322:57:00	16	388:52:00
V5	4	3:04:00	5	1:26:00	20	2236:12:00	8	170:33:00
V6	4	2:13:00	6	2:01:00	21	1670:48:00	4	26:28:00
V7	0	0:00:00	10	4:38:00	5	296:58:00	6	45:27:00

Tab. 4.2 Základní spolehlivostní ukazatelé vstupních vedení pro období 2010 – 2014

Vedení 110 kV	Intenzita poruch λ_p	Střední doba poruch τ_p	Intenzita údržby λ_u	Střední doba údržby τ_u	Pravděpodobnost bezporuchového chodu R_1 bez údržby	Pravděpodobnost bezporuchového chodu R_2 s údržbou
	(rok ⁻¹)	(h)	(rok ⁻¹)	(h)	(-)	(-)
V1	1,00	0,237	3,80	14,626	0,99997300	0,99363172
V2	0,80	0,350	3,60	15,997	0,99996805	0,99339745
V3	2,60	0,378	3,20	23,870	0,99988781	0,99117303
V4	3,00	0,458	4,80	29,659	0,99984331	0,98360069
V5	1,80	0,500	5,60	85,955	0,99989732	0,94497878
V6	2,00	0,423	5,00	67,891	0,99990340	0,96117424
V7	2,00	0,463	2,20	31,129	0,99989427	0,99208082

4.2 Výsledná spolehlivost

Analýzou dat byly určeny spolehlivostní ukazatele přívodů do LDS z nadřazené soustavy a spolehlivostní ukazatele jednotlivých prvků. Samotný výpočet je pak proveden v několika krocích. Nejprve bylo nutné si uvědomit, jaké jsou možnosti napájení rozvodny. Následně došlo k sestavení elektrického schématu (viz Obr. 4.1) a jeho zjednodušování.

Z provedených výpočtů byla sestavena tabulka (Tab. 4.3), která uvádí celkovou spolehlivost napájení rozvodny R. 44 - 6 kV, včetně několika variant zálohování. Tabulka je vertikálně rozdělena do tří částí. První část vyjadřuje pravděpodobnost bezporuchového chodu napájení po rozvodu R. 17.1 - 22 kV a její zálohování třemi různými variantami, druhá pak pravděpodobnost bezporuchového chodu napájení rozvodny R. 44 - 6 kV s jednou variantou zálohy. Ve třetí části je uvedena výsledná pravděpodobnost bezporuchového chodu, která zahrnuje celou napájecí cestu od nadřazené soustavy – rozvodny R 110 kV PDS, až po vyšetřovanou rozvodnu R. 44 - 6 kV.

Z výsledků je zřejmé, že rozvodna R. 44 - 6 kV dosahuje nejvyšší spolehlivosti (zvýrazněno zeleně) při jejím napájení přes transformátor T3 se zálohou T4 a dále přes transformátor T22 se zálohou T23. Výsledné hodnoty reprezentují skutečnou pravděpodobnost bezporuchového chodu dosaženou v letech 2010 – 2014. Jejich velikost však může ovlivňovat několik různých faktorů, např.:

- správné vyhodnocení poruchové události vedoucím směny a její operativní řešení,
- správné posouzení poruchové události při nepřesných příchozích informacích z poruchové signalizace, způsobené např. vlivem krádeže části sdělovacího kabelu,
- způsob ovládání rozvodny, kde má být manipulace při řešení poruchové události provedena, tedy zda je rozvodna ovládána dálkově nebo z místa,
- dojezdové časy manipulantů na rozvodnu [P3].

Tab. 4.3 Výpočet spolehlivosti napájení rozvodny

P r a v d ě p o d o b n o s t b e z p o r u c h o v é h o c h o d u						
R 110 kV PDS → R. 17.1 - 22 kV s provozovaným napájecím transformátorem T3 a studenou rezervou:				R. 17.1 - 22 kV → R. 44 – 6 kV s napájecí větví T22 a studenou rezervou:		Celková
-----	T4	T6, K1	V7, T9, K2	-----	T23	
0,99117303				0,97975155		0,97110331
					0,99955486	0,99073182
	0,99975638			0,97975155		0,97951286
					0,99955486	0,99931135
		0,99945381		0,97975155		0,97921642
					0,99955486	0,99900892
			0,99961410	0,97975155		0,97937346
					0,99955486	0,99916914

5 Využití metodiky pro analýzu příčin poruch

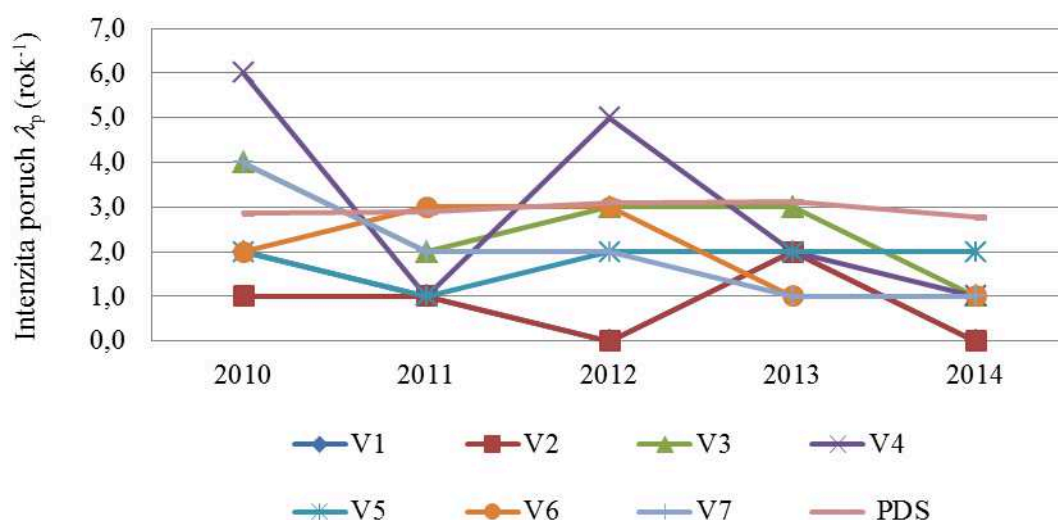
5.1 Analýza příčin poruch vstupních vedení

V letech 2010 – 2014 došlo u vstupních vedení s transformátory 110 / 22 kV celkem k 66 poruchám, kdy se na příčině vzniku podílela LDS v 16 případech a nadřazená soustava PDS 50 případy [S2]. Počet poruch způsobených z nadřazené soustavy je do jisté míry zkreslen tím, že dojde-li k poruše, postihne tato porucha často více nebo i všechny vstupní vedení současně, protože jsou vedení do LDS často připojeny v nadřazené rozvodně 110 kV z jednoho uzlu. K dosažení 50 poruch u vstupních vedení způsobených nadřazenou soustavou tak stačilo pouze 15 poruchových událostí, tzn., že za stejné období došlo na straně LDS a nadřazené PDS k přibližně stejnému počtu poruch.

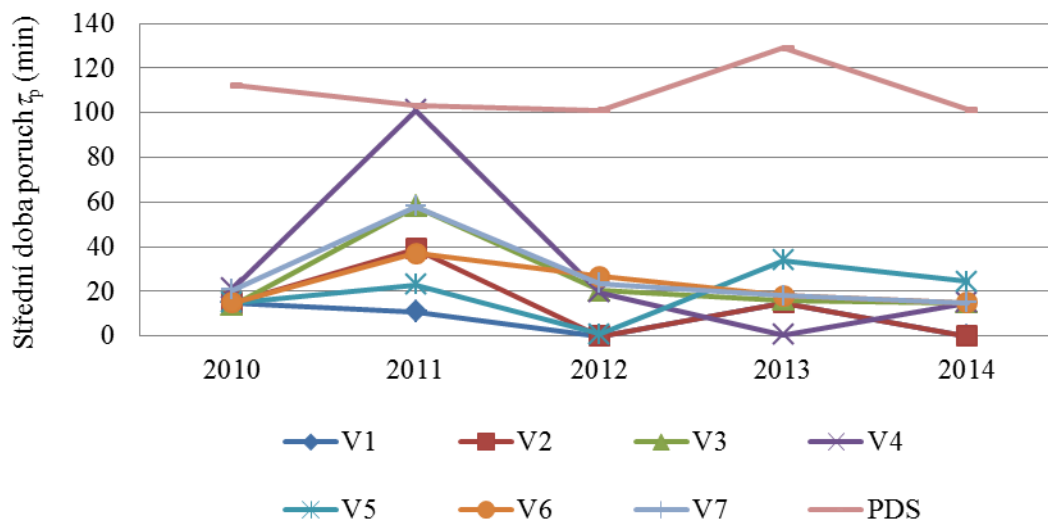
Naopak, porucha způsobená v oblasti LDS postihne vždy jen jednu oblast – modul – soustavy, protože LDS je vyjma poruchových stavů provozována podle 7 modulových zapojení. To znamená, že je-li LDS připojena k nadřazené soustavě 7 vstupními vedeními, je LDS rozdělena na 7 modulů.

Úroveň spolehlivosti v distribučních soustavách je mimo jiné určena velikostí intenzity poruch. Na Obr. 5.1 je srovnání intenzit poruch vstupních vedení do LDS HOS a intenzit poruch nadřazené soustavy PDS. Je potřeba upozornit, že vzhledem k velkým rozdílům v sítích obou provozovatelů distribučních soustav není možné mezi sebou jednoduše intenzity poruch porovnávat, protože výsledky závisí na profilu daných soustav apod. Z tohoto pohledu je podstatnější sledovat časový vývoj jednotlivých ukazatelů [L10].

Hodnoty ukazatelů intenzit poruch λ_p byly u vstupních vedení přibližně konstantní a v posledních dvou letech měly spíše klesající tendenci. Za zmínku stojí velikost intenzit poruch u vedení V4, které byly v roce 2010 a 2012 oproti ostatním vedením lehce zvýšené. Tato zvýšení byla zapříčiněna vyšším počtem výpadků vedení V4 ze strany nadřazené soustavy PDS [P5].



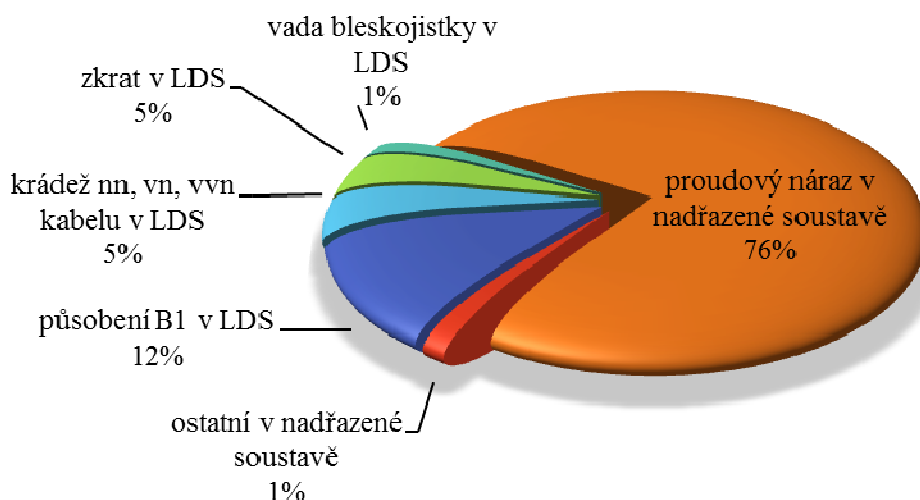
Obr. 5.1 Vývoj intenzit poruch vstupních vedení



Obr. 5.2 Vývoj středních dob poruch vstupních vedení

Hodnoty ukazatelů středních dob poruch τ_p na Obr. 5.2 byly u vstupních vedení také přibližně konstantní a celkově měly spíše klesající tendenci. Za zmínku stojí opět střední doba poruch u vstupního vedení V4, které mělo v roce 2011 zvýšenou hodnotu oproti ostatním vedením. Toto zvýšení bylo zapříčiněno zkratem na MTP u vedení V7 v rozvodně 110 kV nadřazené soustavy PDS, což mělo zásadní vliv na dobu obnovy napětí pro oblast napájenou vedením V4 v LDS HOS.

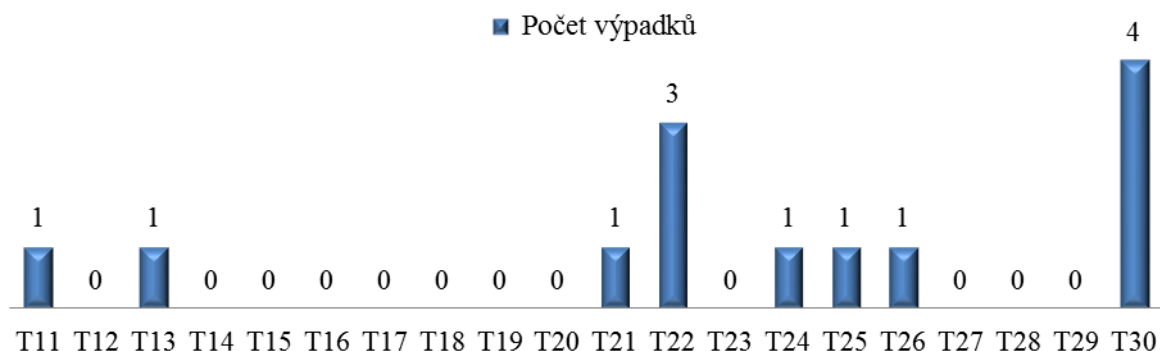
Vytvořená databáze o odstávkách vstupních vedení za období 2010 – 2014, ať už k nim došlo z jakéhokoli důvodu, byly podkladem pro analýzu a následné vykreslení grafů na Obr. 5.1 až Obr. 5.2, stejně jako graf na Obr. 5.3, který analyzuje příčiny výpadků vstupních vedení 110 kV do LDS HOS. Největší podíl na poruchovosti vstupních vedení má proudový náraz v nadřazené soustavě PDS.



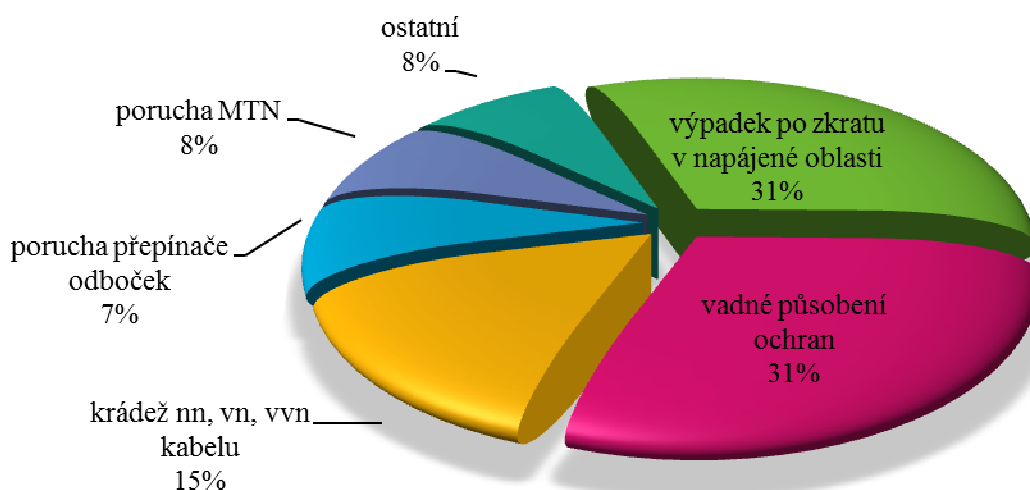
Obr. 5.3 Příčiny výpadků vstupních vedení

5.2 Analýza příčin poruch transformátorů 22 / 6 kV

V letech 2010 – 2014 došlo u transformátorů 22 / 6 kV celkem k 13 poruchám (výpadkům) [S2]. Na Obr. 5.4 je uveden přehled výskytu poruch u jednotlivých transformátorů a na Obr. 5.5 jsou pak uvedeny příčiny těchto poruch.



Obr. 5.4 Přehled počtu poruch u jednotlivých transformátorů 22 / 6 kV

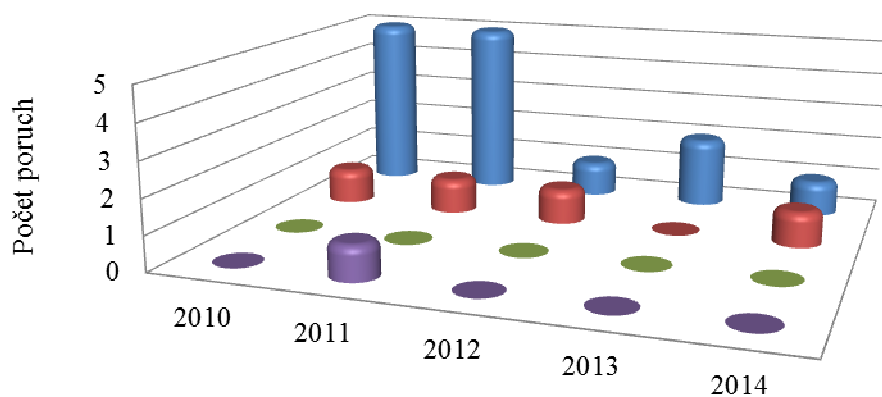


Obr. 5.5 Příčiny poruch transformátorů 22 / 6 kV

Největší podíl na poruchovosti transformátorů 22 / 6 kV mají zkraty a ne zcela korektní působení ochran. Nezanedbatelný podíl mají také krádeže kabelů na všech napěťových hladinách.

5.3 Analýza příčin poruch kabelových vedení

Vyšetřovaná hutní a ocelářská společnost je velký průmyslový komplex v ČR a provozovaná LDS zabírá poměrně velkou plošnou rozlohu, kde jsou závody od sebe ve velkých vzdálenostech a v rámci LDS jsou připojeny na okružní napájecí kabelový rozvod vn a vvn. V letech 2010 – 2014 došlo u kabelů vn a vvn celkem k 19 poruchám [S2]. Na Obr. 5.6 jsou tyto poruchy roztrženy podle jejich počtu a roku vzniku.



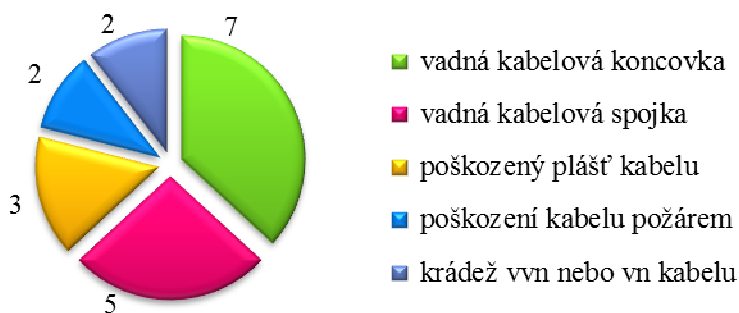
Obr. 5.6 Přehled počtu poruch kabelů a vedení vn a vvn

Nejvyšší počet poruch je podle očekávání u kabelového vedení 6 kV, což odpovídá jeho délce. Délky kabelových tras jsou podle napěťových hladin uvedeny v kapitole 3.1.1.

Další analýzou a rozbořem poruch kabelových vedení je možné blíže určit místa jejich výskytů a také přesně pojmenovat příčinu jejich vzniku, jak znázorňuje Obr. 5.7 a Obr. 5.8.

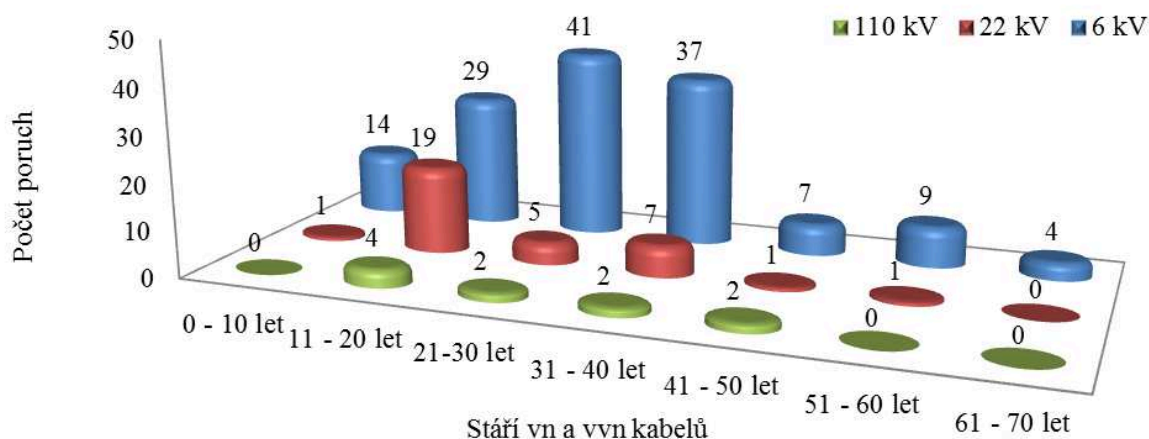


Obr. 5.7 Rozdělení počtu poruch kabelů a vedení vn a vvn podle místa jejich vzniku



Obr. 5.8 Rozdělení počtu poruch kabelů a vedení vn a vvn podle příčiny vzniku

Založení společnosti se datuje přibližně na počátek 50. let minulého století a bohužel, některá kabelová vedení jsou z tohoto období stále provozována, i když už jen výjimečně. Nicméně, stáří provozovaných kabelů má svůj díl vlivu na celkovou spolehlivost sítě. Na Obr. 5.9 je uveden přehled provozovaných kabelů podle jejich stáří a napěťových hladin. Doba životnosti kabelů udávaná výrobcem je 30 let a z Obr. 5.9 je zřejmé, kolik kabelových vedení a na jakých napěťových hladinách je v současné době jak morálně, tak i technicky zastaralých.



Obr. 5.9 Přehled stáří provozovaných kabelů a vedení vn a vvn

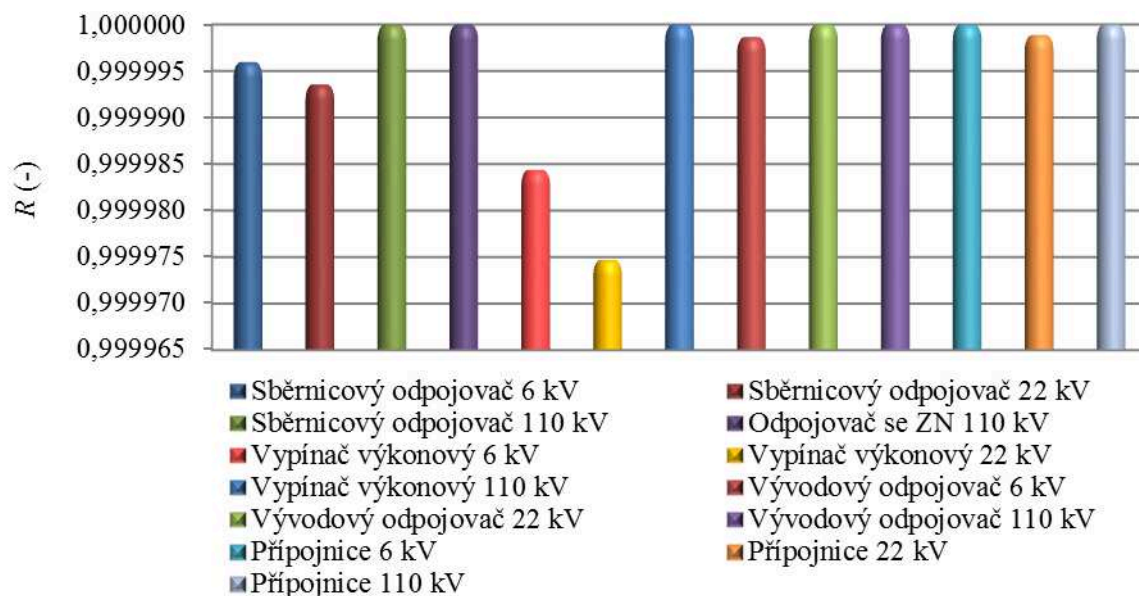
5.4 Analýza příčin poruch spínacích prvků

Spínací prvky, jako jsou vypínače, sběrnice a vývodové odpojovače na napěťových hladinách 6, 22 a 110 kV, tvoří v LDS základní stavební prvky a proto je také jejich zastoupení největší. Dalším prvkem, kterému je zde věnována pozornost, jsou přípojnice. Důvodem je, že všechny kobky vn a vvn podléhají pravidelným termovizním kontrolám s cílem odhalit nebezpečná místa s vysokou provozní teplotou. Obvykle tato místa vznikají ve spojích sběrnicevých pásovin, např. v místech připojení výkonového vypínače. V případě pozitivního termovizního nálezu je kobka, podle závažnosti nedovolené míry oteplení, odstavena v nejbližším termínu k provedení opravy [P6] [P7].

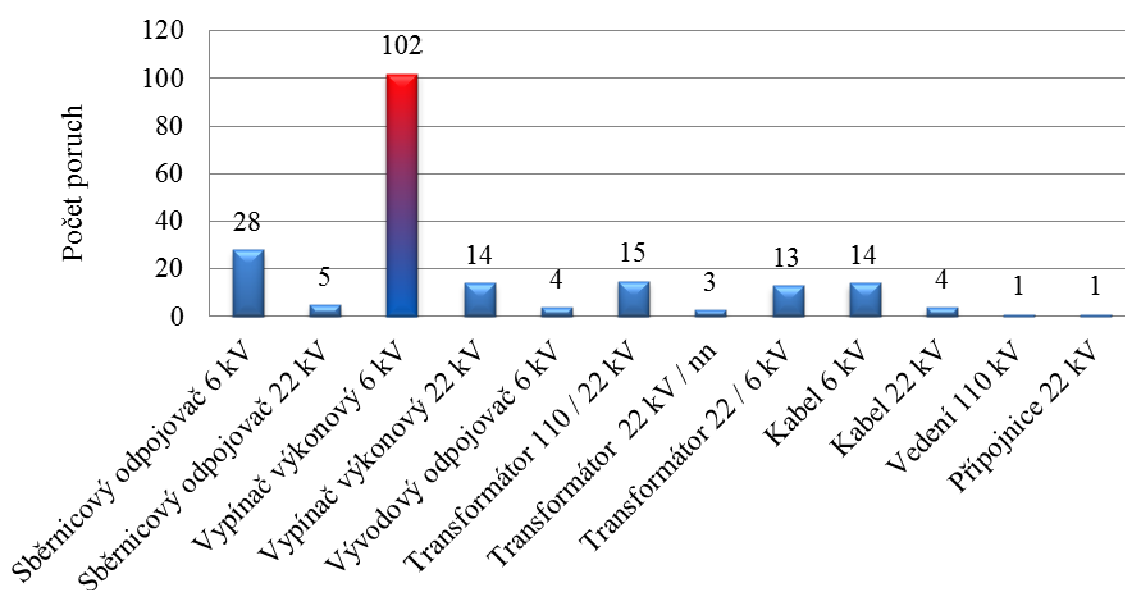
Tab. 5.1 Počet spínacích prvků a přípojníc s počtem poruch v letech 2010 – 2014

Prvek	Počet prvků	Počet poruch	Prvek	Počet prvků	Počet poruch
Sběrnicevý odpojovač 6 kV	1438	28	Vývodový odpojovač 6 kV	430	4
Sběrnicevý odpojovač 22 kV	132	5	Vývodový odpojovač 22 kV	72	0
Sběrnicevý odpojovač 110 kV	12	0	Vývodový odpojovač 110 kV	1	0
Odpojovač se ZN 110 kV	6	0	Přípojnice 6 kV	826	0
Vypínač výkonový 6 kV	826	102	Přípojnice 22 kV	78	1
Vypínač výkonový 22 kV	72	14	Přípojnice 110 kV	11	0
Vypínač výkonový 110 kV	5	0	-----	---	---

V Tab. 5.1 je uveden přehled o množství jednotlivých spínacích prvků včetně přípojníc a o počtu poruch, ke kterým u každého z prvků v letech 2010 – 2014 došlo. Na Obr. 5.10 je pak graficky znázorněna pravděpodobnost bezporuchového chodu R jmenovaných prvků bez uvažování údržby. Nelze přehlédnout, že zcela bez poruchy jsou prvky náležící napěťové hladině 110 kV. Je to proto, že jsou tyto prvky součástí zapouzdřené rozvodny, což jen potvrzuje její maximální provozní bezpečnost a vysokou spolehlivost. Na opačné straně stojí prvky s nízkou mírou spolehlivého provozu, jako jsou výkonové vypínače 6 a 22 kV.



Obr. 5.10 Pravděpodobnost bezporuchového chodu spínacích prvků a přípojníc

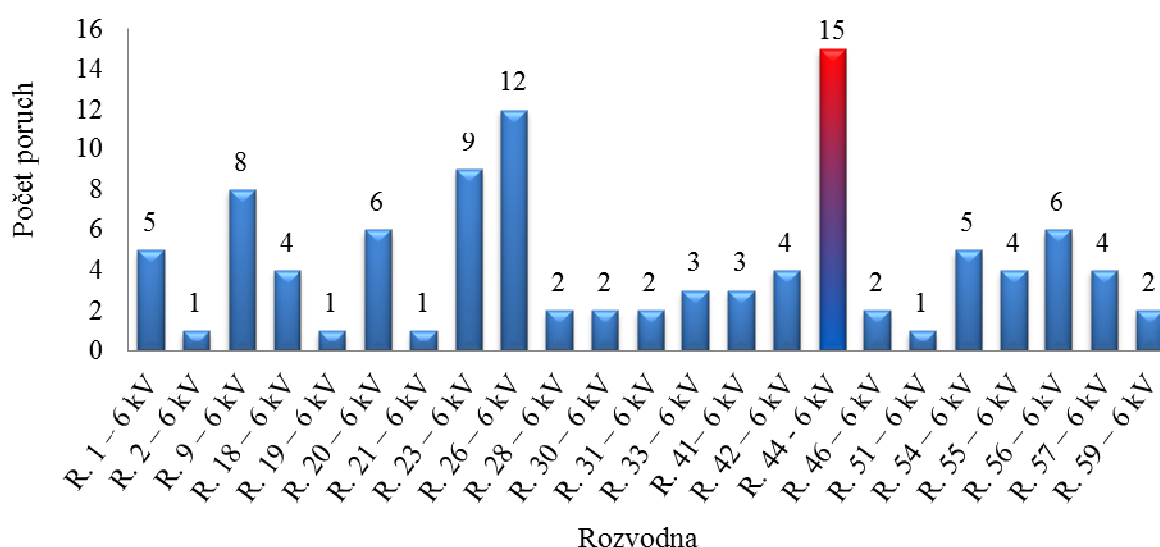


Obr. 5.11 Přehled počtu poruchových událostí u prvků s nenulovou hodnotou poruch

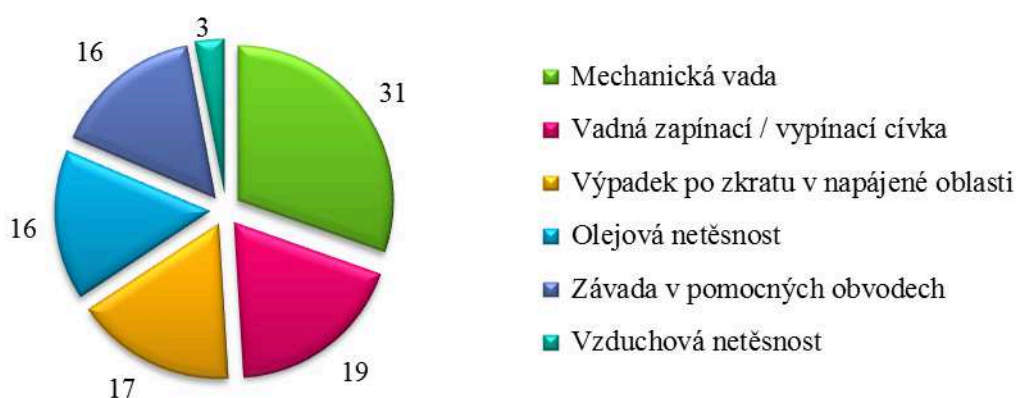
Na Obr. 5.11 je zřetelně vidět, že k nejvyššímu počtu poruch ve sledovaném pětiletém období došlo u výkonových vypínačů 6 kV [S2]. To je způsobeno několika faktory, mezi které patří:

- složitější konstrukční uspořádání vypínačů oproti jiným spínacím prvkům – poruchy často vznikají v mechanické části vypínače,
- počet spínacích cyklů – na rozvodnách 6 kV jsou vypínače u motorických kobek obvykle ovládány dálkově z provozu, což mj. přispívá k vyššímu počet spínacích cyklů,
- umístění rozvodny z pohledu působení vnějších vlivů – mezi základní negativní vlivy patří např.: výskyt vody, rázy, ořesy, vibrace, vysoká prašnost, vysoké okolní teploty apod.

Další analýzou poruchové databáze lze přesně určit, na kterých rozvodnách došlo k poruchám vypínačů 6 kV, a lze také pojmenovat příčinu těchto poruch, jak znázorňují Obr. 5.12 a Obr. 5.13.

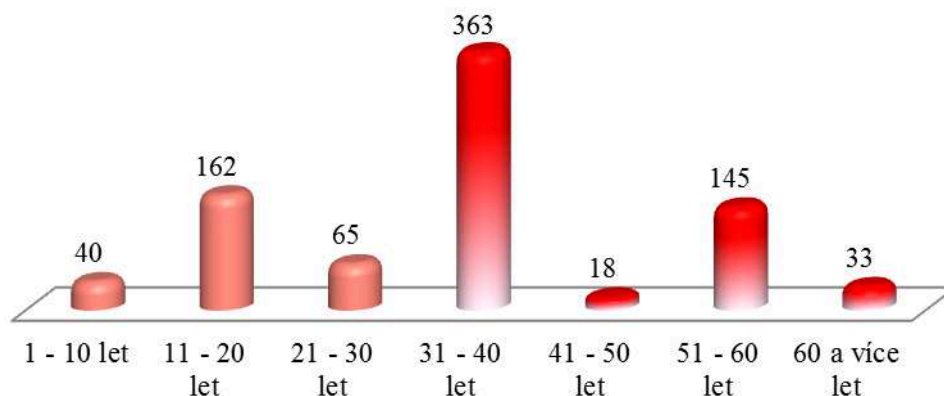


Obr. 5.12 Rozdělení poruch výkonových vypínačů 6 kV podle rozvodu



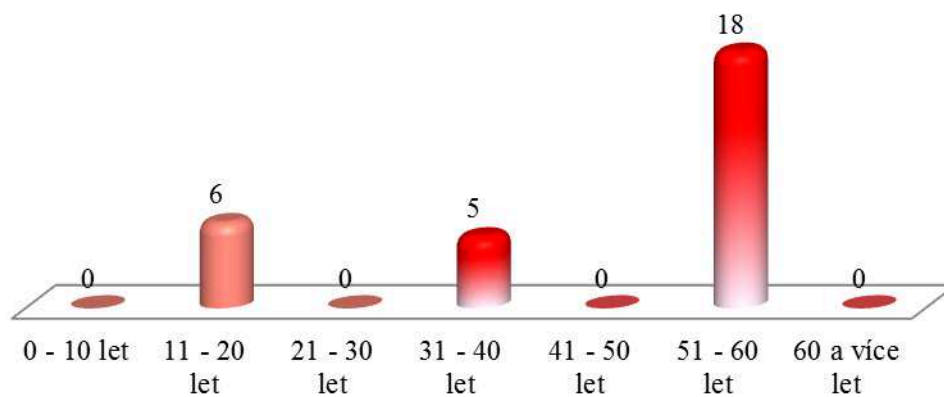
Obr. 5.13 Rozdělení poruch výkonových vypínačů 6 kV podle příčiny vzniku

Dalším významným faktorem, který má nezanedbatelný vliv na spolehlivost výkonových vypínačů, je jejich stáří. Na Obr. 5.14 je graficky znázorněno stáří všech výkonových vypínačů 6 kV, jejichž počet je 826. Opět, stejně jako u kabelových vedení, se zde vyskytuje vysoký počet vypínačů starších 30 let. Nezřídka pak stáří vypínačů v rozvodně odráží i stáří rozvodny samotné.



Obr. 5.14 Počet výkonových vypínačů 6 kV rozdělených podle stáří

Provedená analýza na Obr. 5.12 odhalila, že nejvyšší počet poruch výkonových vypínačů 6 kV nastal v rozvodně R. 44 - 6 kV. Věkový profil těchto vypínačů je na Obr. 5.15.



Obr. 5.15 Věkový profil výkonových vypínačů 6 kV v rozvodně

Z pohledu použitých typů vypínačů 6 kV se u 18 kusů vypínačů jedná o olejové vypínače typu VMC 10, které jsou starší 50 let a jsou umístěny v motorických kobkách. Zabezpečují provoz výrobní technologie a jsou ovládány z provozu.

6 kusů vypínačů je umístěno v kobkách, které prošly po roce 2000 rekonstrukcí. Jsou to vypínače vakuové typu 3 AH 1056 a jsou umístěny v přívodních kobkách.

6 Závěr

Termín spolehlivost se používá v mnoha oblastech, a to jak technických, tak společenských. Zatímco ve společenských oborech se spolehlivost obvykle hledá, v oborech technických se spolehlivost systému zpravidla vypočítává.

Výzkum spolehlivosti zahrnuje oblast výroby elektrické energie, oblast přenosu až po rozvod elektrické energie do místa jeho spotřeby. Předložená disertační práce se zabývá problematikou zvyšování spolehlivosti dodávky elektrické energie v lokální distribuční soustavě (LDS) průmyslového podniku. Důsledným sledováním událostí o provozování analyzované LDS za pětileté období 2010 – 2014 bylo následně možné vyčíslit a vyhodnotit zajištění spolehlivé dodávky elektrické energie závodům a odběratelům.

Míru spolehlivosti lze zjišťovat z databází událostí spolehlivostních ukazatelů jednotlivých prvků. Tato databáze však existovala jen ve formě ručně psaných zápisků, které jsou spolu s dalšími provozními událostmi na směně součástí Provozního deníku vrchního řadovníka elektrodispečinku a slouží vedoucímu směny elektro jako podklad pro vyplnění Záznamu o předání směny VSME v prostředí aplikace Lotus Notes. Tato aplikace má charakter textového dokumentu a není určena k filtrování jakýchkoli položek či událostí. Z tohoto důvodu byla vytvořena elektronická databáze v prostředí MS Excel, do které byly postupně zaznamenány všechny informace z provozování LDS, zejména pak informací týkajících se všech výpadků, poruch a prováděné údržbě zpětně za pět let s vědomím, že se jedná o časově velmi náročnou činnost experta. Nejednalo se o rutinní přepisování událostí, ale o práci odborníka, který se výborně orientuje v zapojení sítě, je schopen rozhodnout o začlenění události a dokáže filtrovat případné anomálie. K tomu byla vytvořena metodika pro sběr vstupních dat a byla vytvořena a do provozní praxe implementována hlášenka o vzniku poruchové události s rozbalovací nabídkou, obsahující číselníky (číselné kódy) zařízení a poruch. Seznam číselných kódů zařízení a číselných kódů poruchových událostí byl přizpůsoben potřebám průmyslové sítě. Jedná se o původní metodiku.

Z vytvořené databáze je následně možné určit prvkovou spolehlivost zařízení LDS, což umožní vypočítat základní spolehlivostní ukazatele. Další analýzou vytvořené databáze lze provést lokalizaci slabých míst či nebezpečných oblastí soustavy. Díky znalosti těchto míst může provozovatel soustavy lépe zvolit následnou plánovanou údržbu zaměřenou právě na tato místa, a tím snadněji a účinněji předcházet vzniku poruch a výpadků v dodávce elektrické energie.

Vytvořená poruchová databáze s možností určení spolehlivostních ukazatelů je důležitá také z toho důvodu, že sice existují databáze o poruchovosti distribučních sítí v rámci ČR, ale zcela chybí poruchová databáze jakékoli jiné průmyslové elektrizační sítě, ze které by bylo možné vypočítat základní spolehlivostní ukazatele. Ty se samozřejmě ve srovnání se spolehlivostními ukazateli distribučních sítí v ČR liší a nelze je mezi sebou jednoduše porovnávat. Průmyslové sítě mají jiný charakter sítě, podíl kabelových vedení, způsob zapojení sítě nebo geografické podmínky apod. Elektrizační sítě jsou v těžkém průmyslu navíc vystaveny mnoha dalším nepříznivým vlivům, jako např. výskyt vody, rázy, otřesy,

vibrace, zvýšená prašnost, vysoké okolní teploty či výskyt korozivních, chemických a dalších znečišťujících látek. Proto jsou výsledky prvkové spolehlivosti pro dosud neanalyzovanou průmyslovou napěťovou hladinu 6, 22 a 110 kV velice přínosné a mohou být také využity jako podklady pro RCM – spolehlivostně orientovanou údržbu, a tím zefektivnit a zoptimalizovat program údržby.

Tab. 6.1 srovnává vybrané spolehlivostní ukazatele, které byly vyčísleny provozně technickými pravidly 22/80 ČEZ za období 1975 – 1990, aktualizovanými výsledky za období 2000 – 2014 a pětiletého období 2010 – 2014 lokální distribuční soustavy HOS. Kompletní seznam všech prvků LDS, u kterých byly vyčísleny spolehlivostní ukazatele, je uveden v Tab. 3.6.

Tab. 6.1 Porovnání výsledů vybraných spolehlivostních ukazatelů

Poškozené zařízení		ČEZ 22/80 1975 – 1990 [L1]	Období 2000 – 2014 [L11]	LDS HOS 2010 – 2014
Kabel 6 kV	λ (rok ⁻¹)	databáze neuvádí	databáze neuvádí	0,032*
	τ (h)			8,104
Kabel 22 kV	λ (rok ⁻¹)	14,5	4,661	0,022*
	τ (h)	215	5,710	11,417
Transformátor 110 kV / vn	λ (rok ⁻¹)	0,04	0,058	0,333
	τ (h)	1300	0,231	4,403
Transformátor vn / vn	λ (rok ⁻¹)	databáze neuvádí	databáze neuvádí	0,130
	τ (h)			0,481
Transformátor vn / nn	λ (rok ⁻¹)	0,030	0,006	0,200
	τ (h)	2500	5,303	0,361
Vypínač výkonový 6 kV	λ (rok ⁻¹)	databáze neuvádí	databáze neuvádí	0,025
	τ (h)			5,538
Vypínač výkonový 22 kV	λ (rok ⁻¹)	0,015	0,012	0,039
	τ (h)	30	23,580	5,702

* Výsledné hodnoty intenzit poruch jsou u kabelů 6 a 22 kV pro LDS HOS vzhledem k rozsahu kabelové sítě vztaženy na 1 km a nikoli na 100 km, jako je tomu u hodnot pro kabelovou síť ČEZ, které byly vyčísleny provozně technickými pravidly ČEZ 22/80 a za období let 2000 – 2014.

Při výpočtu spolehlivosti vybrané části sítě je v kapitole 4 použito dvou odlišných přístupů oproti běžně používaným standardům. V prvním případě se jedná o spolehlivost vstupních vedení, které je obvykle bráno jako absolutní, tedy $R = 1$. Ve spolehlivostních výpočtech vybrané části sítě je však pro každé vstupní vedení použita přesná hodnota pravděpodobnosti bezporuchového chodu R . Tato hodnota ale nebyla vypočítána jako součin pravděpodobností bezporuchového chodu R všech vřazených prvků mezi nadřazenou rozvodnou PDS a vstupní rozvodnou v LDS, nýbrž byla vypočítána ze znalosti provozu každého vstupního vedení. Tedy ze znalosti kdy a jak dlouho bylo dané vedení v poruše nebo v údržbovém prostoji. Přehled o výsledných spolehlivostních ukazatelích vstupních vedení je

v Tab. 4.2. Ve druhém případě se jedná o hodnoty pro intenzitu údržby a střední dobu údržby. Obě hodnoty byly vyčísleny ze skutečného provádění údržbové činnosti na zařízení, tak jak byly původně zapsány v „Záznamu o předání směn VSME“ vedoucím směny elektro a nikoli z tabulkových hodnot interního předpisu – revizního řádu, který přesně určuje periodické lhůty provádění kontrolních a revizních činností.

Jak první, tak i druhý uvedený přístup výrazně přispěl ke zpřesnění výsledných hodnot základních spolehlivostních ukazatelů prvků. Zejména první přístup, kterým byla vyhodnocena pravděpodobnost bezporuchového chodu vstupních vedení, může být v budoucnu rozšířen i na vyjádření skutečné spolehlivosti konkrétních kabelových vedení vn a vvn mezi dvěma rozvodnami, nebo mezi propojením dvou rozvodů různých napěťových hladin, kde by propojení obsahovalo např. transformátor 22 / 6 kV.

Také vzhledem k probíhajícím rozsáhlým investičním akcím, souvisejících s ekologizací v oblasti výrobních postupů na mnoha závodech a provozech, bude potřeba aktualizovat seznamy zařízení a prvků.

Aplikace navržené metodiky na provozních datech v kapitole 3 a 4 prokázala, že je vhodným nástrojem pro výpočet spolehlivostních ukazatelů prvků průmyslové LDS HOS a že poskytne provozovateli soustavy žádané informace o jejím provozu a provozních stavech. Ukázala také na slabá místa v soustavě a na prvky, které např. vlivem stárnutí nebo zvýšeného opotřebení vyžadují vyšší pozornost a častější, důslednější nebo rozsáhlejší údržbu. Je třeba ale podotknout, že stoprocentně eliminovat riziko vzniku jakékoli poruchy nebo výpadku není možné, lze však snížit pravděpodobnost, že k takové poruchové události dojde.

Na základě analýz provedených v rámci disertační práce je možné provozovatelům LDS doporučit vyplňování databáze v elektronické podobě. Získají tak rychlé informace o provozu sítě, snadněji zjistí její slabá místa a do budoucna mohou vypočítat standardy podle PPDS, které jsou zatím povinné jen pro provozovatele rozsáhlejších distribučních sítí.

Literatura

- [L1] Tůma, J., Rusek, S., Martínek, Z., Chemišinec, I., Goňo, R. *Spolehlivost v elektroenergetice*. 1. vyd. Praha: CONTE spol. s.r.o., ČVUT Praha, 2006. 291 s. ISBN 80-239-6483-6.
- [L2] Hradílek, Z. *Elektroenergetika distribučních a průmyslových sítí*. 1. vyd. Ostrava: MONTANEX a.s., VŠB - TU Ostrava, 2008. 364 s. ISBN 978-80-7225-291-6.
- [L3] Chemišinec, I., Marvan, M., Nečesaný, J., Sýkora, T., Tůma, J. *Obchod s elektřinou*. 1. vyd. Praha: CONTE spol. s.r.o., ČVUT Praha, 2010. 201 s. ISBN 978-80-254-6695-7.
- [L4] Barlow R E., Proschan F. *Statistical theory of reliability and life testing: probability models*. 1st edition. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1975. 290 s. ISBN 0-0308-5853-4.
- [L5] Todinov, M. T. *Reliability and Risk Models: Setting Reliability Requirements*. 1st edition. Chichester, West Sussex: John Wiley & Sons, Inc., England, c2005. 322 s. ISBN 0-470-09488-5.
- [L6] Brown, R. E. *Electric power distribution reliability*. 4th edition. New York: Marcel Dekker, Inc., USA, c2002. 365 s. ISBN 0-8247-0798-2.
- [L7] ČEZ Distribuce, a. s. *Pravidla provozování distribuční soustavy 2014 – příloha 2: Metodika určování nepřetržitosti distribuce elektřiny a spolehlivosti prvků distribučních sítí* [online]. 2014, [citováno: 2015-11-01]. Dostupné z: <http://www.cezdistribuce.cz/edee/content/file-other/distribuce/energeticka-legislativa/ppds/2014/ppds-2014-priloha-2.pdf>.
- [L8] Chowdhury, A. A., Koval, D. O. *Power Distribution System Reliability: Practical Methods and Applications*. 1st edition. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., USA. April 2009. 531 s. ISBN 978-0-470-29228-0.
- [L9] Rusek, S. *Spolehlivost elektrických sítí*. 1. vyd. Ostrava: Ediční středisko VŠB - TU Ostrava, 2001. 116 s. ISBN 80-7078-847-X.
- [L10] ERÚ – Energetický regulační úřad. *Zpráva o kvalitě elektřiny* [online]. 2014, [citováno 2015-11-30]. Dostupné z: <http://www.eru.cz/elektrina/statistika-a-sledovani-kvality/zpravy-o-kvalite>.
- [L11] Goňo, R., Rusek, S., Krátký, M., Slivka, M. Component Reliability Parameters of Distribution Network. In *Proceedings of the 8th International Scientific Symposium on Electrical Power Engineering (ELEKTROENERGETIKA 2015), 16-18. 9. 2015, Stará Lesná, Slovakia*. Košice: TU Košice, 2015. s. 376-379. ISBN 978-80-553-2187-5.

Seznam vlastních publikací

Konference na Web of Science

- [P1] Drholec, J., Goňo, R. Operation of Industrial Local Distribution System. In *Proceedings of the 16th International Scientific Conference Electric Power Engineering (EPE)*, 20. – 22. 5. 2015, Kouty nad Desnou, Czech Republic. Ostrava: VŠB - TU Ostrava. Fakulta elektrotechniky a informatiky, 2015. s. 478-483. ISBN 978-1-4673-6788-2.

Další publikace

- [P2] Drholec, Jiří. Operation of a Local Distribution System. In *Proceedings of the 12th annual Ph.D. Workshop WOFEX 2014 of Faculty of Electrical Engineering and Computer Science*, 9. 9. 2014 Ostrava, Czech Republic. Ostrava: VŠB - TU Ostrava. Fakulta elektrotechniky a informatiky, 2014. s. 12-17. ISBN 978-80-248-3458-0.
- [P3] Drholec, J., Goňo, R. Operation of Industrial Local Distribution System. In *Proceedings of the 11th annual Ph.D. Workshop ELNET 2014 of Faculty of Electrical Engineering and Computer Science*, 25. 11. 2014 Ostrava, Czech Republic. Ostrava: VŠB - TU Ostrava. Fakulta elektrotechniky a informatiky, 2014. s. 23-28. ISBN 978-80-248-3663-8.
- [P4] Drholec, J., Goňo, R. Determining the Reliability Indicators of Industrial Local Distribution System. In *Proceedings of the 12th annual Ph.D. Workshop ELNET 2015 of Faculty of Electrical Engineering and Computer Science*, 24. 11. 2015 Ostrava, Czech Republic. Ostrava: VŠB - TU Ostrava. Fakulta elektrotechniky a informatiky, 2015. s. 1-6. ISBN 978-80-248-3858-8.

Časopis recenzovaný, přijato k publikování

- [P5] Drholec, J., Goňo, R. Určení a porovnání spolehlivostních ukazatelů průmyslové lokální distribuční soustavy. *Energetika*, 2016. ISSN 0375-8842.

Konference Scopus v recenzním řízení

- [P6] Drholec, J., Goňo, R. Reliability database of industrial local distribution system, *1st International Scientific Conference Intelligent information technologies for industry, Rostov on Don – Sochi, Russia*, 16. – 21. 5. 2016.

Impaktovaný časopis v recenzním řízení

- [P7] Drholec, J., Goňo, R. Determining and Comparing the Reliability Indicators of Industrial Local Distribution System. *Eksploatacja i Niezawodność*, 2016. ISSN 1507-2711. IF = 0,983 / 2015.

Autorizovaný software

- [S1] Drholec, J., Goňo, R. *Dispečer LDS* [počítačový soubor]. 1. verze, VŠB-TU Ostrava, 2016. Počítačový program slouží jako podpora dispečinku lokální distribuční soustavy (LDS), 60 kB. Vyžaduje aplikaci MS Office Excel 2010 a vyšší, Ev. č.: 002/26-01-2016_SW.
- [S2] Drholec, J., Goňo, R. *Provozovatel LDS* [počítačový soubor]. 1. verze, VŠB-TU Ostrava, 2016. Počítačový program slouží jako podpora při provozování lokální distribuční soustavy (LDS), 15 kB. Vyžaduje aplikaci MS Office Excel 2010 a vyšší. Ev. č.: 001/26-01-2016_SW.

Seznam projektů

<i>CZ.1.05/2.1.00/03.0069</i>	Energetické jednotky pro využití netradičních zdrojů energie
<i>SP2015/192</i>	Zajištění optimálního a spolehlivého provozu sítí s OZE
<i>SP2016/95</i>	Optimalizace elektrizační soustavy s on-grid OZE
<i>LO1404</i>	Trvale udržitelný rozvoj Centra ENET